



Studi Ekosistem Terumbu Karang di Taman Nasional Kepulauan Seribu

Study of Coral Reef Ecosystem in Taman Nasional Kepulauan Seribu

Linda Noviana^a, Hadi Susilo Arifin^b, Luky Adrianto^c, Kholil^d

^a Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor, 16680, Indonesia

^b Departemen Arsitektur dan Lansekap, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor, 16680, Indonesia

^c Departemen Perikanan dan Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor, 16680, Indonesia

^d Universitas Sahid Jakarta, Indonesia

Article Info:

Received: 05 - 07 - 2018

Accepted: 14 - 09 - 2018

Keywords:

coral reef, kepulauan seribu, marine ecotourism

Corresponding Author:

Linda Noviana
Program Studi Pengelolaan
Sumber daya Alam dan
Lingkungan, Institut Pertanian
Bogor
Email:
lindanoviana@yahoo.com

Abstract: *Taman Nasional Laut Kepulauan Seribu (TNLKpS) has a unique natural resource is the natural beauty of the sea and coral ecosystems are unique. But along with the rapid population growth of Jakarta as the capital city and the increasing number of tourists also affect the condition of coral reefs in TNLKpS. This study aimed to analyze and assess the ecological condition of coral reef ecosystems in the utilization zone travel TNLKpS by coral cover life and death, diversity as well as the factors causing the damage of the survey line intercept transect (LIT), literature review, interviews and analysis of the condition of coral reefs by Decree LH No. 4 of 2001 on Baku Criteria Damage Coral Karan. Condition of the reef by live coral cover otherwise damaged to moderate, based on the otherwise dead coral cover damaged high to moderate damage, then the number and type of reef fish more on the depth of 10 meters in comparison with 3 meters. The condition of coral reef ecosystems is common in 3 islands (Pulau Putri, Pulau Macan and Pulau Angin Angin Genteng) in TNKS is still quite good, but in some snorkeling spots it looks bad (3 stations) and medium (2 stations) when compared to spots diving (only 1 bad station).*

How to cite (CSE Style 8th Edition):

Noviana L, Arifin HS, Adrianto L, Kholil. 2019. Studi ekosistem terumbu karang di Taman Nasional Kepulauan Seribu. JPSL 9(2): 352-365. <http://dx.doi.org/10.29244/jpsl.9.2.352-365>.

PENDAHULUAN

Terumbu karang merupakan salah satu kekayaan alam yang bernilai tinggi dan juga menjadi salah satu potensi sumber daya laut yang sangat penting di Indonesia. Wilayah Kepulauan Seribu merupakan salah satu wilayah yang memiliki potensi ekosistem terumbu karang yang tinggi dengan keragaman biota karang yang besar seperti ikan karang. Menurut Souter dan Linden (2000), terumbu karang adalah salah satu ekosistem paling produktif dan beragam di bumi serta memberikan banyak jasa ekosistem. Salah satu fungsi terumbu karang adalah sebagai habitat berbagai jenis ikan dan biota laut lain yang memungkinkan terwujudnya rantai makanan di lokasi tersebut. Selain berfungsi sebagai habitat bagi biota laut, terumbu karang juga memiliki keindahan yang menjadi daya tarik bagi wisatawan bahari.

Kepulauan Seribu mempunyai potensi besar untuk pengembangan wisata bahari, salah satu objek daya tarik wisatawan adalah terumbu karang. Hal ini dapat dilihat dari semakin meningkatnya jumlah kunjungan wisatawan sejak tahun 2003. Bahkan pada tahun 2013 jumlah wisatawan mencapai 1 500 504 orang dan

meningkat pada tahun 2014 menjadi 2 120 058 orang, meskipun terdapat penurunan pada tahun 2015 menjadi 1 251 886 orang (Suku Dinas Pariwisata dan Kebudayaan 2016).

Potensi kawasan dan pemanfaatan sumber daya alam laut di wilayah Kepulauan Seribu sangat tinggi. Oleh karena itu, Wilayah Kepulauan Seribu ditetapkan menjadi Taman Nasional Laut dengan Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 162/Kpts-II/1995 dan No. 6310/Kpts-II/2002 yang dikelola oleh Balai Taman Nasional Laut Kepulauan Seribu, Departemen Kehutanan.

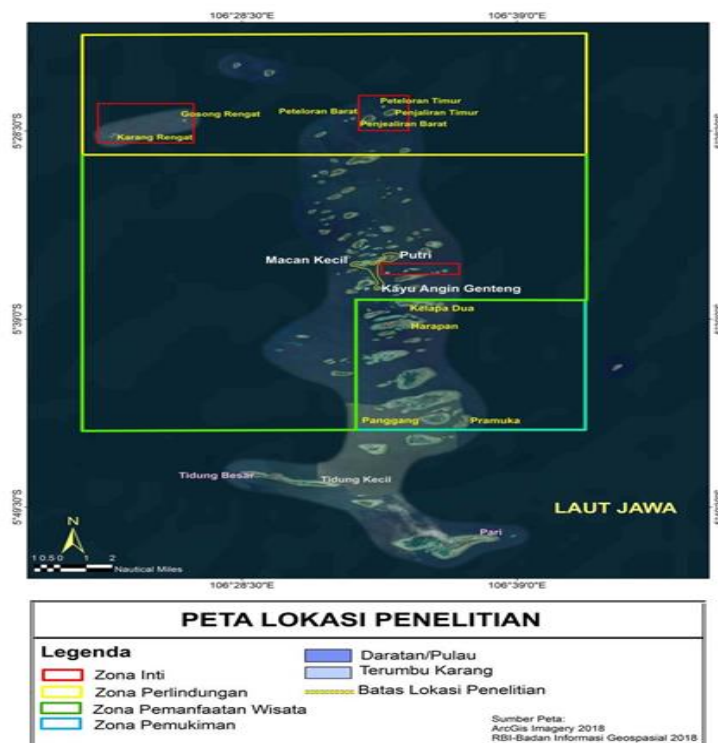
Semenjak dikukuhkan sebagai Taman Nasional, banyak wisatawan yang datang berkunjung ke tempat tersebut dan akhirnya turut mempengaruhi kondisi terumbu karang di TNKS. Selain itu, pencemaran air oleh limbah rumah tangga dan industri, penimbunan sampah, penambangan pasir dan karang batu, penebangan *mangrove* turut menyumbang terjadinya kerusakan terumbu karang. Berdasarkan data dari Terangi (2016), persentase tutupan karang hidup pada tahun 2011 sebesar 39.35%, tahun 2013 sebesar 35.51% dan pada tahun 2015 sebesar 32.23%. Dari data tersebut terlihat kondisi karang hidup mengalami penurunan dari tahun ke tahun. Hal ini dapat disebabkan adanya aktivitas wisatawan ataupun aktivitas lainnya. Jika hal ini dibiarkan terus menerus, maka degradasi terumbu karang semakin tidak terkendali. Untuk itu perlu dikaji bagaimana kondisi saat ini, apa penyebabnya dan bagaimana solusinya agar terumbu karang tetap lestari.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengkaji kondisi ekologis ekosistem terumbu karang pada zona pemanfaatan wisata TNKS berdasarkan tutupan karang hidup dan mati, serta mengetahui jumlah dan jenis ikan karang yang menjadi indikator terhadap keberadaan terumbu karang pada TNKS.

METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Maret 2016 sampai Februari 2017, dengan lokasi perairan pada zona pemanfaatan wisata TNLKpS, Jakarta Utara, Provinsi DKI Jakarta. Stasiun penelitian ditentukan berdasarkan jumlah wisatawan paling banyak, yaitu pada Pulau Putri, Pulau Macan dan Pulau Kayu Angin Genteng. Pada setiap stasiun dibuat sub stasiun berdasarkan arah mata angin sebanyak 4 titik *sampling*, sehingga diharapkan dapat mewakili seluruh daerah kajian.



Gambar 1 Peta lokasi penelitian

Sumber Data

Data dalam penelitian ini terdiri dari data primer yaitu data parameter lingkungan perairan dan data komunitas karang yang diperoleh melalui pengamatan langsung/observasi serta wawancara kepada pemandu wisata, masyarakat pesisir dan wisatawan untuk melengkapi informasi yang diperlukan dan dianggap penting. Sedangkan data sekunder diperoleh melalui studi literatur dari buku referensi, hasil studi penelitian terdahulu dan dokumen-dokumen yang terkait dengan penelitian untuk menunjang dan melengkapi data yang diperlukan.

Pengukuran parameter fisik kimia perairan sebagai pembatas kehidupan karang dilakukan secara in situ sebelum pengamatan terumbu karang mencakup temperatur, kedalaman, kecepatan arus, pH, DO, dan salinitas. Pengamatan persen tutupan karang dilakukan langsung di lapangan dengan menggunakan metode *Line Intercept Transect* (LIT), dengan menarik garis transek sepanjang 75 m (3 kali ulangan 20 m dan jeda 5 m). Selanjutnya dianalisis berdasarkan Kepmen LH No. 4 tahun 2001 tentang Kriteria Baku Kerusakan terumbu Karang.

Metode Analisis Data

Analisis data kondisi terumbu karang dan data parameter fisik lingkungan disajikan dan dianalisis secara kuantitatif yang dilakukan dengan menggunakan teknik statistik deskriptif dimana hasil pengolahan data disusun dan diringkas secara ilmiah dalam bentuk tabel atau grafik/diagram dan dibahas secara mendalam dengan mengacu pada berbagai referensi dan literatur pustaka.

Persentase tutupan karang

Data penutupan karang yang diperoleh dari pengukuran *life form* karang dihitung dengan rumus (English et al. 1997)

$$L = \frac{Li}{N} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

L = persentase penutupan karang (%)

Li = panjang total *life form* jenis kategori ke-i (m)

N = panjang transek garis (m)

Kondisi penutupan terumbu karang diperoleh dari jumlah persentase penutupan karang batu yang didapat dengan kategori sebagai berikut: 76-100% (baik sekali); 51-75% (baik); 25-50% (sedang); 0-25 (buruk). Persentase tutupan adalah persentase luas area yang ditutupi oleh pertumbuhan karang. Persentase karang hidup yang tinggi menandakan bahwa terumbu karang di suatu perairan berada dalam keadaan sehat.

Analisis kelimpahan ikan karang

Analisis kelimpahan ikan karang yang terdapat pada perairan menggunakan rumus yang dikemukakan oleh Odum (1993), yaitu:

$$\text{Kelimpahan Ikan} = Xi / Lind / m^2 \dots\dots (2)$$

Dimana:

XI = Jumlah individu ikan karang pada stasiun ke-I (ind)

L = Luas stasiun pengamatan (250 m²).

Analisis Kualitas Air

Parameter kualitas air yang digunakan dalam dalam penelitian ini adalah pH, DO, suhu, kecerahan, salinitas, arus dan kecepatan air (Tabel 1).

Tabel 1 Parameter kualitas perairan

Parameter	Stasiun Penelitian			Baku Mutu Air Laut Untuk Biota Laut (KepMenLH No 51/2004)
	Pulau Kayu angin genteng	Pulau Macan	Pulau Putri	
pH	8.4	8.2	8.4	7-8.5
Do (mg/l)	5.9	7.3	6.2	>5
Suhu ($^{\circ}$ C)	31	29.9	31.3	28-30
Kecerahan (meter)	9.2	8.1	9.1	>5
Salinitas (ppt/‰)	31.5	32.1	31.3	33-34
Arus				
Arah ($^{\circ}$)	250 $^{\circ}$	265 $^{\circ}$	305 $^{\circ}$	0.03-0.33
Kecepatan (m/s)	0.057	0.330	0.029	
Depth 1 (m)	9.6	8.2	9.5	
Depth 2 (m)	8.8	8.0	8.7	0-20

Sumber: Olahan data primer (2016)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Terumbu Karang

Ekosistem terumbu karang dan segala kehidupan yang terdapat di dalam laut merupakan salah satu sumber daya alam yang bernilai tinggi. Terumbu karang sebagai ekosistem esensial di perairan laut mempunyai peran sangat penting bagi kelangsungan hidup biota laut seperti ikan dan biota-biota lainnya. Pertumbuhan terumbu karang secara optimum memerlukan perairan yang jernih, suhu yang hangat, gerakan gelombang, sirkulasi lancar, serta terhindar dari proses sedimentasi.

Ekosistem terumbu karang merupakan bagian dari ekosistem laut yang penting karena menjadi sumber kehidupan bagi beraneka ragam biota laut. Di dalam ekosistem terumbu karang ini pada umumnya hidup lebih dari 300 jenis karang, yang terdiri dari sekitar 200 jenis ikan dan berbagai jenis molluska, crustacea, sponge, algae, lamun dan biota lainnya (Dahuri 2003). Terumbu karang mempunyai fungsi yang sangat penting sebagai tempat memijah, mencari makan, daerah asuhan bagi biota laut dan sebagai sumber plasma nutfah. Keberadaan terumbu karang dari tahun ke tahun mengalami kemunduran, yaitu terjadi kerusakan yang mengkhawatirkan sehingga menimbulkan penyusutan dalam jumlah kuantitas dan kualitas. Kerusakan ekosistem terumbu karang tidak terlepas dari aktivitas manusia baik di daratan maupun pada ekosistem pesisir dan lautan.

Secara umum terumbu (*coral*) di gugusan Kepulauan Seribu tumbuh membentuk susunan terumbu karang (*coral reef*) di sekitar pantai hingga ke arah laut yang lebih dalam dengan luas beberapa *feet*. Berdasarkan hasil pengamatan dapat diketahui bahwa tipe terumbu karang di sekitar Kepulauan Seribu termasuk Pulau Putri, Macan Kecil dan Kayu Angin Genteng adalah berbentuk *patch reef* atau biasa disebut pulau datar (*reef island*). Hal ini dapat diamati dari struktur pertumbuhan secara vertikal dari bawah ke atas permukaan lautan. Terbentuk dari sisa-sisa pecahan kerang-kerangan (gastropoda dan bivalvia) organisme karang (coral, algae, malusho, foraminifera) dan organisme pesisir dan laut lain dalam kurun waktu yang lama, melalui proses dinamika secara alami, berkembang menjadi semakin luas dan pada akhirnya membentuk daratan baru di sekitarnya (Estradivari 2007; Anggraini 2008)

Sedikitnya 50% dari 4 750 ha terumbu karang yang ada di sekitar Gugusan Kepulauan Seribu kini kondisinya sangat memprihatinkan. Saat ini luas terumbu karang yang masih tersisa dan dapat dimanfaatkan untuk objek wisata dan penelitian ilmiah sekitar 2 375 ha (Dinas Kelautan dan Pertanian Kabupaten Kepulauan Seribu 2010). Berdasarkan analisis citra satelit Landsat 8 tahun 2016, diketahui total tutupan terumbu pada Pulau Putri, Macan Kecil dan Kayu Angin Genteng sebesar 64.4 ha atau 1.53% dari total luas terumbu karang dalam Gugusan Kepulauan Seribu. Tipe terumbu karang *patch reef* di ketiga pulau dengan

bentuk pertumbuhan secara vertikal dari bawah ke atas, cenderung membentuk daratan baru dengan substrat penyusun ialah coral.

Berdasarkan analisis visual terumbu karang pada Pulau Putri dan Kayu Angin Genteng umumnya berada pada *reef flat zone* di kedalaman 1.5 sampai dengan 5 m, hingga pada kedalaman 6 hingga lebih dari 12 m pada *reef slope zone* mengelilingi pulau, sedangkan Pulau Macan Kecil terumbu karang tumbuh mengikuti kontur dasar laut pada *reef flat*, sebagian tumbuh pada *lagoon* hingga menuju *reef slope*. Kondisi ini menciptakan variasi terumbu karang di beberapa lokasi menyesuaikan dengan topografi perairan Pulau Macan Kecil, jika dibanding pada Pulau Putri dan Kayu Angin Genteng. Menurut Goh dan Sasekumar (1980), jenis karang *massive* lebih mendominasi pada karang dangkal (*reef flat*), terdapat zona transisi dari beberapa jenis karang *Acropora branching* tumbuh lebih ke arah darat dan sebagian pada *reef slope* depan di kedalaman 15 m.

Pengamatan terumbu karang di sekitar perairan Pulau Putri, Macan Kecil dan Kayu Angin Genteng dilakukan masing-masing pada empat stasiun yang mewakili sebaran ekologi tutupan terumbu karang di kawasan tersebut. Penempatan stasiun dilakukan pada perairan yang mewakili kedalaman laut dangkal dan laut yang lebih dalam, juga sering dijadikan spot wisata bahari potensial oleh wisatawan. Berdasarkan hasil pengamatan terumbu karang dan pengukuran parameter yang terkait dalam ekosistem ini, diperoleh hasil sesuai dalam Tabel 2.

Tabel 2 Kondisi tutupan terumbu karang pada 3 pulau (12 stasiun)

Lokasi Terumbu Karang	3 meter		10 meter	
	Persen (%) Tutupan Karang	Kategori	Persen (%) Tutupan Karang	Kategori
Pulau Putri				
ST1 (Timur)	40.02	Sedang	50.32	Sedang
ST2 (Selatan)	43.93	Sedang	50.14	Sedang
ST3 (Barat)	22.37	Buruk	27.55	Buruk
ST4 (Utara)	18.13	Buruk	24.81	Buruk
Pulau Macan Kecil				
ST1 (Timur)	19.72	Buruk	50.18	Sedang
ST2 (Selatan)	45.71	Sedang	50.78	Baik
ST3 (Barat)	50.25	Sedang	51.08	Baik
ST4 (Utara)	34.18	Buruk	51.32	Baik
Pulau Kayu Angin Genteng				
ST1 (Timur)	37.33	Buruk	55.05	Baik
ST2 (Selatan)	50.12	Sedang	52.12	Baik
ST3 (Barat)	51.37	Baik	50.47	Sedang
ST4 (Utara)	46.55	Sedang	51.62	Baik

Sumber: Hasil olahan data perimer

Pada Tabel 2 diketahui bahwa kondisi terumbu karang pada Pulau Putri secara umum di semua stasiun telah mengalami kerusakan, berada pada kategori sedang dan buruk. Persentase karang hidup di perairan dangkal sebesar 40.02%, dari luasan hamparan karang sebesar 18 308 m². Tidak berbeda jauh dengan persentase terumbu karang hidup di perairan dalam, berdasarkan analisis persen *cover coral* diketahui mulai mendekati kategori sedang, dengan nilai sebesar 50.32% dari total luas hamparan karang sebesar 29 371 m². Adanya penurunan persen *cover coral reef* di stasiun ini, berkaitan erat dengan tingkat pemanfaatan yang tinggi dan telah terjadi dalam kurun waktu yang lama. Kegiatan eksploitasi ikan demersal, ikan hias ekonomis dan terumbu karang hias merupakan faktor penurunan ekosistem terumbu karang di Pulau Putri. Hal ini semakin diperburuk dengan aktivitas wisata *snorkeling* dalam beberapa tahun terakhir. Kondisi ini terlihat dengan banyaknya karang yang patah (*rubble*) ditemui di sekitar lokasi tersebut. Menurut laporan *World Resources Institute*, penyebab kerusakan terumbu karang antara lain adalah pembangunan yang

merubah kawasan tanjung (teluk), pemanfaatan yang berlebih (wisata bahari), cara penangkapan ikan yang merusak, peningkatan sedimentasi dan polusi baik yang berasal dari limbah industri ataupun limbah domestik (Kunzmann 2004).

Pada perairan dangkal di stasiun 2, persentase terumbu karang berada pada kategori sedang dengan nilai sebesar 43.93% dari luas total hamparan terumbu karang sebesar 9 853 m². Hal yang sama juga terlihat pada perairan yang lebih dalam, nilai persen *cover coral reef* di lokasi ini nyaris berada pada kategori sedang yaitu sebesar 50.14% dari luas hamparan terumbu karang sebesar 12 280 m². Kondisi berbeda terlihat pada stasiun 3 dan 4, laju kerusakan terumbu karang di perairan dangkal masuk dalam kategori buruk dengan nilai persen *cover coral reef* berurutan sebesar 22.37% dan 18.13% dari luas total hamparan sebesar 5 760 m² dan 9 405 m². Indikator kerusakan yang terjadi diduga dilakukan oleh aktivitas manusia yang berlangsung dalam kurun waktu yang lama, terlihat dari kondisi terumbu karang yang mati banyak ditumbuhi algae (DCA).

Sejalan dengan kerusakan terumbu karang pada perairan dangkal, kondisi yang sama juga terjadi pada perairan yang lebih dalam di stasiun 3 dan 4. Berdasarkan analisis persen *cover coral reef*, stasiun 3 masuk dalam kategori sedang dengan nilai sebesar 27.55% dari luasan terumbu karang 9 405 m², sedangkan pada stasiun 4, nilai persen *cover coral reef* sebesar 24.81% dari luas hamparan terumbu karang 12 723 m² dan masuk dalam kategori buruk.

Berdasarkan data ini, diketahui bahwa adanya kecenderungan penurunan luasan terumbu karang pada perairan dangkal terjadi karena kegiatan wisata *snorkeling* yang tidak ramah lingkungan, beberapa wisatawan terlihat mengabaikan keberadaan ekosistem terumbu karang dengan sengaja melakukan foto *selfie* sambil memegang, mematahkan bahkan ada yang mengambil spesies *coral* tertentu pada habitat aslinya. Selain itu gerakan dan posisi *snorkeling* yang salah, berenang di atas hamparan terumbu karang dengan jarak yang terlalu dekat, menyebabkan ayunan *fin* membentur hewan karang (*coral branching*) sehingga menyebabkan banyak yang mengalami patah.

Terumbu karang pada perairan dangkal di Pulau Macan Kecil, secara umum mengalami kerusakan yang merata di setiap stasiun. Berdasarkan analisis persen *cover coral reef*, diketahui kondisi terumbu karang di pulau ini masuk dalam tiga kategori yaitu; buruk, sedang dan baik (Kepmen LH 2004; Yulianda *et al.* 2010). Nilai kategori baik dalam konteks ini, sesungguhnya telah berada pada level terkecil dalam persentase penilaian, sehingga nyaris masuk dalam kategori sedang (Giyanto *et al.* 2017). Keberadaan Pulau Macan Kecil yang telah menerapkan konsep *eco-resort*, belum memberikan kontribusi yang signifikan terhadap keberlanjutan sumber daya alam (*sustainable resources*) khususnya ekosistem terumbu karang di sekitar kawasan Pulau Macan Kecil. Hal itu terlihat dengan rendahnya persen *cover coral reef* di empat stasiun pengamatan, kategori terburuk berada pada stasiun 1, dengan nilai sebesar 19.72% dari luas total hamparan terumbu karang 4 436 m². Kategori sedang berada pada stasiun 2 dan 4, memiliki nilai persen *cover coral reef* sebesar 45.71% dan 34.18% dari luas masing-masing hamparan terumbu karang 8 036 m² dan 6 335 m². Persen *cover coral reef* yang masuk dalam kategori baik terdapat pada stasiun 3, dengan nilai 50.25% dari total hamparan terumbu karang seluas 12 932 m². Walaupun masuk dalam kategori baik, tetapi kondisi terumbu karang banyak mengalami kerusakan (*rubble*), sehingga nyaris masuk dalam kategori sedang.

Kondisi berbeda terlihat pada ekosistem terumbu karang di perairan yang lebih dalam. Berdasarkan analisis persen *cover coral reef*, secara umum seluruh stasiun (1, 2, 3 dan 4) masuk dalam kategori baik dengan nilai persentase berurutan, 50.18%, 50.78%, 51.08% dan 51.32%, dari total luas hamparan terumbu karang masing-masing stasiun sebesar 1 960 m², 8 343 m², 12 759 m² dan 5 895 m². Perbedaan nilai persentase yang terjadi disebabkan adanya tekanan pemanfaatan yang berbeda, dialami oleh masing-masing lokasi pada Pulau Macan Kecil Ekosistem terumbu karang pada kedalaman 1.5 sampai dengan 5 m, merupakan lokasi yang menarik bagi wisatawan untuk memanfaatkan zona ini sebagai spot wisata *snorkeling*.

Tingginya pilihan wisata *snorkeling*, dikarenakan jenis wisata ini merupakan wisata yang mudah, tidak membutuhkan keahlian khusus, peralatan yang digunakan relatif simple, sehingga dapat dilakukan oleh semua orang (wisatawan) dalam menikmati keindahan bawah laut dan terumbu karang. Jika dibandingkan

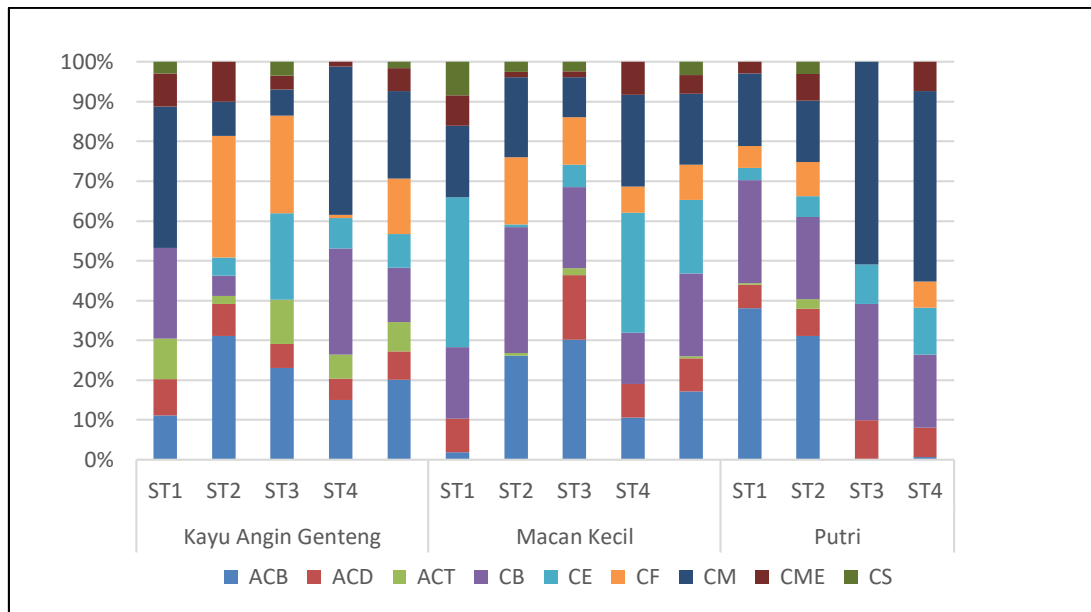
dengan ekosistem terumbu karang pada kedalaman 6 sampai dengan lebih dari 12 m yang lebih sesuai untuk wisata *diving*, maka kecenderungan wisatawan lebih banyak memilih melakukan wisata *snorkeling* dibanding *diving*. Hal ini menyebabkan tekanan pemanfaatan di perairan dangkal relatif lebih besar, berbanding lurus dengan tingkat kerusakan terumbu karang di lokasi tersebut. Berdasarkan pengamatan di lapangan terhadap aktivitas wisata *snorkeling*, diketahui kerusakan terumbu karang didominasi oleh jenis *Coral branching*, *Acropora branching*, *fallious* dan sebagian jenis *tabulate*, bentuk kerusakan bervariasi seperti patah, terlepas dari substrat, dan tergores.

Status Pulau Kayu Angin Genteng dalam TNL Kepulauan Seribu sebagai zona pemanfaatan wisata bahari cenderung berbeda dengan Pulau Putri dan Macan Kecil, dikarenakan hingga saat ini belum memiliki *resort*. Wisatawan yang berkunjung umumnya berasal dan menginap di pulau lain terdekat dalam gugusan Kepulauan Seribu. Aktivitas yang berlangsung di daratan maupun lautan di sekitar pulau lebih rendah jika dibanding Pulau Putri dan Macan Kecil. Hal ini terlihat saat melakukan observasi lapangan, diketahui bahwa durasi waktu yang dihabiskan wisatawan dalam menikmati aktivitas wisata lebih singkat. Umumnya wisatawan menghabiskan waktu 3 sampai dengan 4 jam dalam sehari dengan interval waktu kunjungan yang berbeda setiap wisatawan. Berdasarkan kondisi ini, maka tekanan pemanfaatan sumber daya alam dari wisatawan lebih kecil jika dibanding kedua pulau lain, tetapi karakteristik pulau dengan luas daratan kurang dari 1 km², menyebabkan pulau ini lebih rentan mengalami kerusakan ekosistem maupun sumber daya alam yang ada di sekitarnya. Salah satu ekosistem yang rentan mengalami kerusakan ialah terumbu karang.

Dari data yang diperoleh, sebagian besar terumbu karang mengalami kerusakan dengan tingkat yang beragam. Persen *cover coral reef* di perairan dangkal, terbagi dalam dua kategori, stasiun 1 dan 4, memiliki nilai sebesar 37.33% dan 46.55% dari luas total hamparan terumbu karang 3 721 m² dan 560 m², masuk dalam kategori sedang, sedangkan pada stasiun 2 dan 3, masuk dalam kategori baik dengan nilai persentase 50.12% dan 51.37% dari luas hamparan terumbu karang sebesar 5 083 m² dan 3 607 m². Berdasarkan data yang diperoleh, diketahui Ekosistem terumbu karang di perairan yang lebih dalam secara umum pada semua stasiun tergolong dalam kategori baik, walaupun memiliki nilai persen *cover coral reef* yang tidak terlalu besar yaitu 55.05%, 52.12%, 50.47% dan 51.62%, dari luas hamparan terumbu karang masing-masing stasiun sebesar 4 083 m², 6 130 m², 4 390 m² dan 788 m². Kondisi terumbu karang di sekitar perairan Pulau Putri, Macan Kecil dan Kayu Angin Genteng sangat berkaitan dengan parameter fisika-kimia oseanografi. Menurut Edrus *et al.* (2013) perubahan kondisi perairan dapat secara langsung atau tidak langsung berpengaruh terhadap tutupan karang.

Pengamatan yang dilakukan pada ekosistem terumbu karang di kedalaman perairan dangkal dan dalam pada Pulau Putri, Macan Kecil dan Kayu Angin Genteng, diketahui bahwa tutupan karang hidup (*hard coral*) sebagai organisme utama penyusun ekosistem terumbu karang lebih banyak didominasi oleh jenis *Coral massive* (CM) dan *Coral branching* (CB). Tipe terumbu karang *patch reef* di ketiga pulau, turut mempengaruhi struktur komunitas organisme terumbu karang yang terdapat di sekitarnya.

Berdasarkan hasil analisis jumlah kelimpahan *life form*, diketahui bentuk *life form* terumbu karang pada perairan dangkal lebih banyak yaitu 9 jenis dan pada perairan dalam berjumlah 8 jenis. Perbedaan jumlah *life form* pada dua kedalaman yang berbeda, menjadi indikator bahwa struktur organisme karang dalam membentuk komunitas terumbu karang dapat bervariasi sesuai kedalaman perairan yang merupakan faktor pembatas. Selain itu, perbedaan ini dapat pula terjadi akibat adanya perubahan proses alami ekosistem sehingga menyebabkan sebagian organisme terumbu karang mengalami kerusakan dan mati. Proses adaptasi organisme karang akan sangat bergantung dari kondisi parameter fisika-kimia oseanografi dalam suatu kawasan. Jumlah *life form* di ketiga pulau pada kedalaman 1.5 sampai dengan 5 m dan 6 sampai dengan lebih dari 12 m, dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.



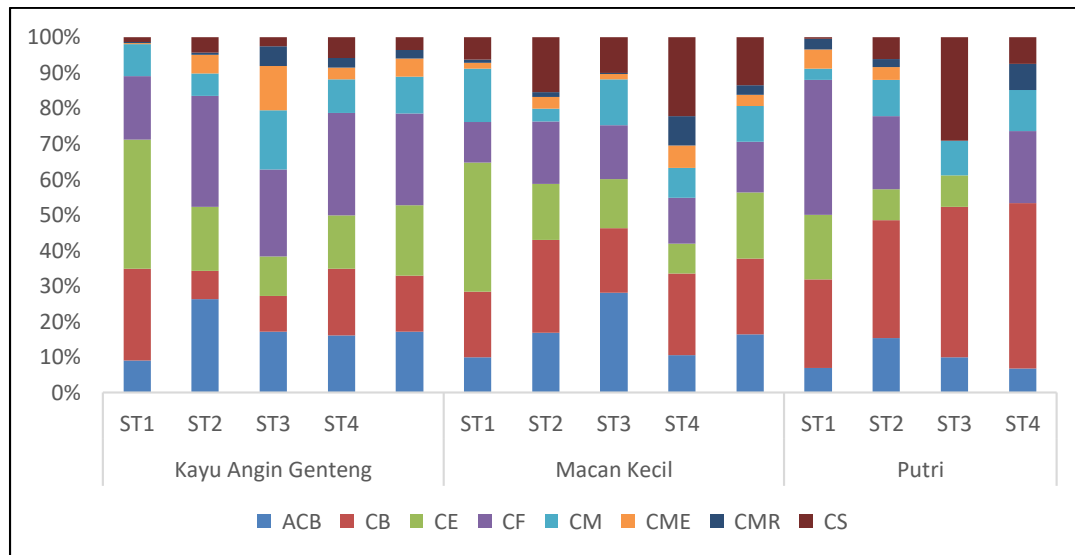
Gambar 2 Jumlah dan persentase *life form* di kedalaman 1.5 sampai dengan 5 m

Pada Gambar 2 diketahui jumlah persentase *life form* di perairan dangkal Pulau Putri dan Kayu Angin Genteng pada empat stasiun, didominasi jenis *Coral massive* (CM) sebesar 132.36% dan 87.96%, persentase terendah dari jenis *coral submassive* (CS) 6.33% dan 2.41%, sedangkan *life form* pada Pulau Macan Kecil lebih didominasi jenis *Coral branching* (CB) sebesar 83.00%, pada Pulau Macan Kecil dan Kayu Angin Genteng, jenis *life form* terendah dari jenis *Acropora tabulate* (ACT). Menurut Faizal *et al.* (2012) karang bercabang (*Coral branching*) dan *Acropora branching* sangat umum dijumpai dan bentuk pertumbuhan tersebut merupakan penyusun utama terumbu karang Kepulauan Seribu yang didukung oleh bentuk foliose (lembaran) dan *massive*.

Tingginya persentase jenis CM pada Pulau Putri, diduga karakteristik pertumbuhan spesies coral ini terjadi secara horizontal flate pada substrat karang, sehingga mereduksi kontak langsung saat aktivitas wisata *snorkeling* dilakukan, selain itu bentuknya yang flate di dasar menempel pada substrat menjadikan jenis terumbu ini lebih *resistant* terhadap sentuhan atau gesekan dengan objek lain. Kemungkinan kerusakan yang dapat ditimbulkan pada *life form* ini ialah adanya goresan pada permukaan terumbu.

Berdasarkan data yang diperoleh, jenis *Coral branching* (CB) dan *Acropora branching* (ACB) memiliki persentase lebih sedikit di zona yang sesungguhnya merupakan habitat ideal jenis ini dapat bertumbuh dengan baik. Hal ini disebabkan karena karakteristik (CB) dan (ACB) lebih rentan mengalami kerusakan akibat aktivitas *snorkeling*. Bentuknya seperti jari dengan pertumbuhan vertikal ke atas menyebabkan jenis ini mudah patah jika bersentuhan dengan objek lain. Aktivitas wisatawan yang tidak bertanggung jawab cenderung mengabaikan keberadaan sumber daya alam saat menikmati kegiatan wisata, menjadi kontributor kerusakan terumbu karang.

Pada Gambar 3 diketahui jumlah persentase *life form* pada perairan yang lebih dalam di Pulau Kayu Angin Genteng pada empat stasiun didominasi oleh jenis *Coral foliose* (CF) sebesar 107.99%, dan terendah *Coral mushroom* (CMR) sebesar 9.72%. Pulau Macan Kecil dan Putri, memiliki persentase *life form* dominan dari jenis *Coral branching* (CB) sebesar 85.78% dan 147.03%, tersebar di seluruh stasiun dan terendah dari jenis *Coral mellepora* (CME) sebesar 12.89% dan 9.04%, terdapat hanya pada stasiun 1 dan 2. Berdasarkan analisis jumlah *life form*, sebaran jenis yang diperoleh berada dalam relung ekosistem yang luas, dapat ditemui pada setiap stasiun di ketiga pulau yang dianalisis. Walaupun secara kuantitas jumlah spesies yang ada relatif sedikit jika dibandingkan pada perairan dangkal.



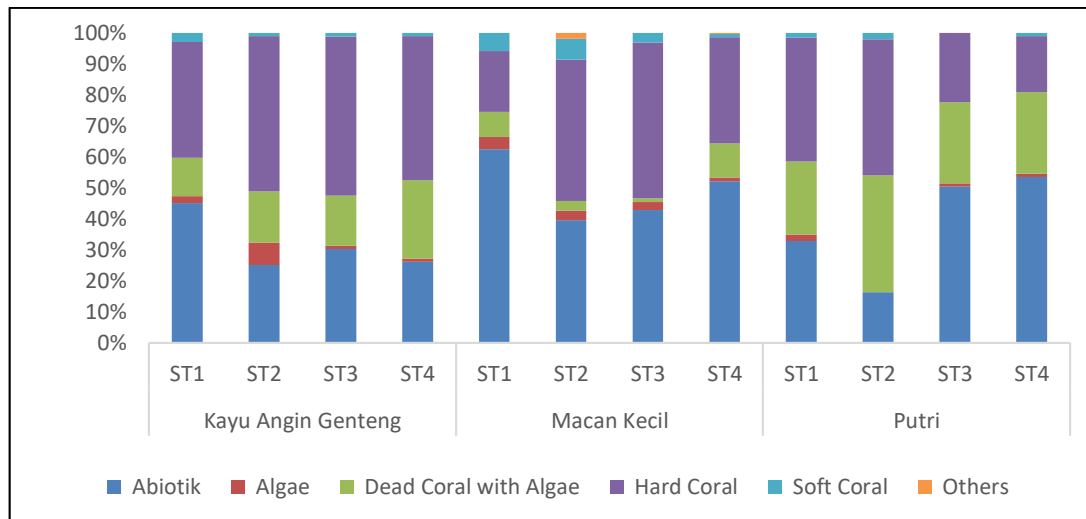
Gambar 3 Jumlah dan persentase *life form* di kedalaman 6 sampai dengan lebih dari 12 meter

Tingginya persentase *life form* dan keberadaannya yang luas di setiap stasiun, memberikan penjelasan bahwa ekosistem terumbu karang di perairan laut dalam masih lebih baik dari terumbu karang pada perairan dangkal. Walaupun secara umumnya telah mengalami kerusakan, hingga mempengaruhi persen *cover coral reef*. Keberadaan *life form* jenis (CB) di ketiga pulau pada setiap stasiun cenderung tinggi. Hal ini disebabkan karena aktivitas wisata bahari yang dilakukan pada kedalaman ini ialah wisata *diving*. Jumlah wisatawan yang melakukan *diving* relatif terbatas dan tidak simultan setiap hari, sehingga tekanan dari aktivitas wisata terhadap sumber daya alam pada ekosistem terumbu karang di kedalaman laut dalam tidak terlalu besar.

Aktivitas yang menyebabkan kerusakan terumbu karang di lokasi ini selain akibat penangkapan ikan dengan bahan peledak, potassium sianida dan pengambilan terumbu karang hias untuk di komersilkan juga terjadi karena aktivitas keluar masuk kapal/perahu motor yang mengantar wisatawan. Berdasarkan pengamatan di lapangan, jumlah kunjungan yang meningkat mendorong banyaknya perahu/kapal motor yang mengantar wisatawan di lokasi *spot snorkeling* dan *diving* sering melepaskan jangkar kapal ke dasar perairan yang sebagian besar merupakan ekosistem terumbu karang. Hal ini walaupun tidak besar pengaruhnya tetapi jika terjadi dalam jangka waktu lama dan sering pada *spot* wisata yang berbeda dapat menyebabkan kerusakan yang lebih besar.

Secara keseluruhan dari hasil pengamatan terhadap kondisi terumbu karang di Pulau Putri, Macan Kecil dan Kayu Angin Genteng, pada masing-masing stasiun, diketahui sebagian besar terumbu karang di lokasi ini telah mengalami kerusakan dengan tingkat yang beragam. Kerusakan yang besar terjadi pada perairan dangkal di Pulau Putri juga di Macan Kecil, sedangkan pada Pulau Kayu Angin Genteng kerusakan terumbu karang mulai berada pada tingkat yang mengkhawatirkan. Kondisi terumbu karang yang masih relatif baik terdapat pada perairan yang lebih dalam, namun tingginya pemanfaatan wisata bahari dan kurang adanya pengawasan dapat menyebabkan ancaman kerusakan ini semakin bertambah.

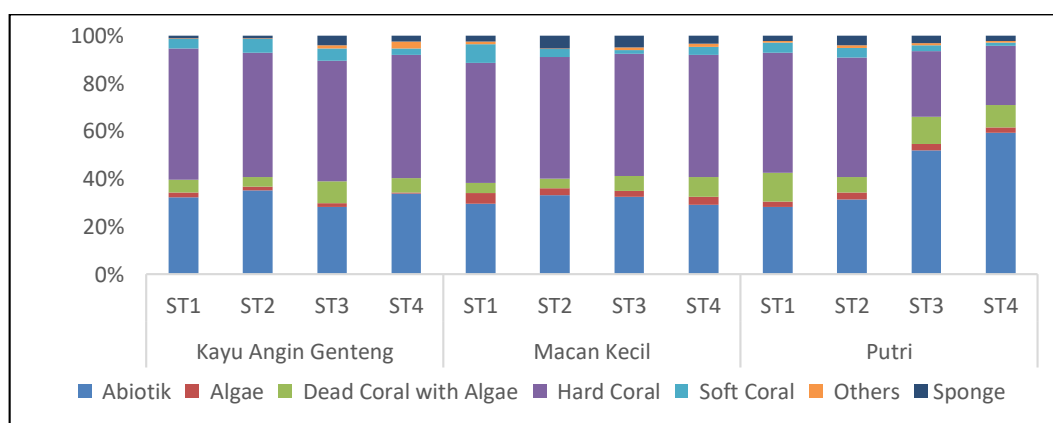
Menurut (Cleary *et al.* 2006; Meij *et al.* 2009) secara umum struktur komunitas terumbu karang di Kepulauan Seribu telah banyak mengalami perubahan di berbagai tempat, hal ini terjadi karena tingginya tekanan terhadap ekosistem di darat maupun di laut seperti adanya pencemaran, perikanan berlebih dan merusak, tumpahan minyak, perubahan fungsi habitat, aktivitas wisata bahari dan naiknya suhu permukaan laut.



Gambar 4 Kondisi terumbu karang di perairan dangkal

Berdasarkan Gambar 4 diketahui nilai persentase tutupan pada perairan dangkal dan dalam terdiri dari abiotik, *algae*, *dead coral with algae*, *hard coral*, *soft coral*, *others* dan *sponge* menunjukkan bahwa lokasi penelitian di tiga pulau memiliki nilai persentase karang keras (*hard coral*) yang berbeda. Pulau Kayu Angin Genteng masuk dalam kategori baik dan sedang memiliki nilai sebesar 37.33% sampai dengan 51.37%, sedangkan pada perairan dalam (Gambar 4), diketahui memiliki persentase antara 50.47% sampai dengan 55.05%. Pada perairan dangkal di Pulau Macan Kecil dan Putri, persentase *hard coral* terbagi dalam tiga kategori yakni, buruk, sedang dan baik antara 19.72% sampai dengan 50.25%, dan antara 18.13% sampai dengan 43.93%, sedangkan untuk Pulau Macan Kecil persentase *hard coral* di perairan yang lebih dalam berada pada kisaran 50.18% sampai dengan 51.32% dan Pulau Putri sebesar 27.55% sampai dengan 50.32%.

Dari data ini, diketahui bahwa persentase tutupan karang keras terendah berada pada stasiun 1 di Pulau Macan Kecil dan Pulau Putri ada di stasiun 3 dan 4. Karang keras terbagi dalam dua kategori yaitu karang *Acropora* dan non-*Acropora* (Englis *et al.* 1997). Kondisi kesehatan terumbu karang relatif baik umumnya berada pada perairan yang lebih dalam yaitu pada kedalaman 6 sampai dengan lebih dari 12 m, namun kondisi ini berada pada batas yang rentan mengalami penurunan luasan.



Gambar 5 Kondisi terumbu karang di perairan dalam

Persentase karang mati yang ditemui pada masing-masing stasiun di sekitar ketiga pulau memiliki perbedaan pada setiap stasiun. Jenis karang mati yang ditemui terbagi dalam 2 kategori yaitu karang mati *rubble* (R) dan *dead coral with algae* (DCA) (Gambar 5). Dari data yang diperoleh secara umum persentase karang mati ditemukan pada perairan dangkal maupun perairan yang lebih dalam. Pulau Putri mengalami

kerusakan yang signifikan dan terjadi dalam jangka waktu yang lama. Hal ini terlihat dengan banyaknya karang mati yang telah ditumbuhi oleh alga, dengan perbandingan DCA sebesar 26.15% sampai dengan 33.62% dan *rubble* 13.00% sampai dengan 48.21%. Kondisi berbeda ditemui pada Pulau Macan Kecil dan Kayu Angin Genteng, berdasarkan data diketahui persentase karang mati lebih didominasi oleh *rubble* sebesar 34.12% sampai dengan 58.07% dan 19.36% sampai dengan 41.66%, sedangkan persentase karang mati DCA di Pulau Macan Kecil relatif lebih kecil yaitu sebesar 1.14% sampai dengan 11.10% dan 12.42% sampai dengan 25.32% di Pulau Kayu Angin Genteng. Nilai ini mengindikasikan bahwa kerusakan terumbu karang belum lama terjadi.

Dari jenis kerusakan terumbu karang di Pulau Macan Kecil dan Kayu Angin Genteng lebih didominasi oleh *rubble*. Diketahui bahwa peningkatan kerusakan yang ada diduga akibat aktivitas wisata bahari yang mengalami peningkatan dalam beberapa tahun terakhir. Hal yang sama juga terjadi pada Pulau Putri, walaupun kerusakan yang ditimbulkan sebagian besar telah terjadi dalam jangka waktu lama tetapi pada bagian barat dan utara peningkatan kerusakan terjadi dalam waktu beberapa tahun terakhir. Hal ini terlihat dengan banyaknya terumbu karang *rubble* di perairan dangkal maupun perairan dalam, jika dibandingkan dengan DCA relatif lebih sedikit

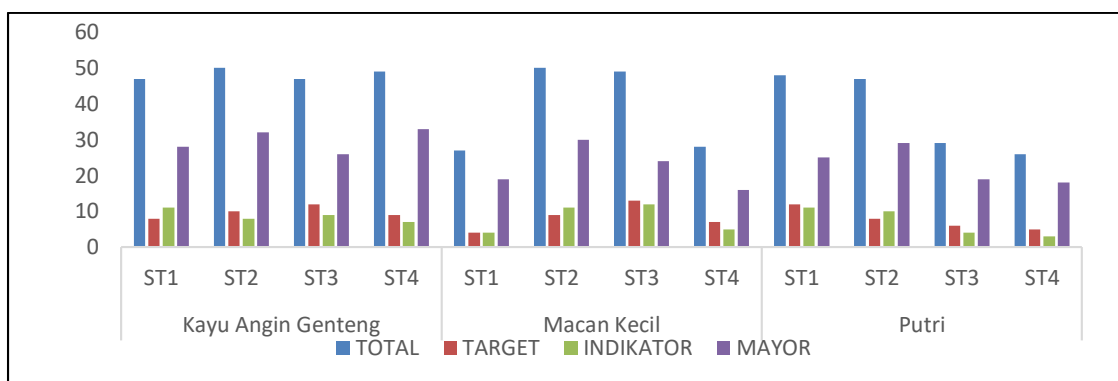
Kondisi Ikan Karang

Ikan karang adalah ikan yang hidup dari masa *juvenile* hingga dewasa di terumbu karang. Menurut Nybakken (1998), ikan karang merupakan organisme yang jumlahnya terbanyak dan juga merupakan organisme besar yang mencolok dapat ditemui di terumbu karang. Ikan karang merupakan sumber daya hayati utama yang hidupnya berasosiasi dan sebagai penghuni terumbu karang. Menurut Omar (2012) sumber protein hewani yang bisa diperoleh dari SDA laut salah satunya ialah jenis ikan karang, manfaatnya yang penting bagi manusia sehingga mendorong beberapa negara di dunia melakukan pembudidayaan dan penangkapan.

Menurut English *et al.* (1997) mengelompokkan jenis ikan karang ke dalam tiga kelompok utama, yaitu: a) ikan-ikan target, adalah ikan ekonomis penting dan biasa ditangkap untuk konsumsi. Biasanya kelompok ikan-ikan target menjadikan terumbu karang sebagai tempat pemijahan dan sarang/daerah asuhan; b) ikan-ikan indikator, merupakan jenis ikan karang yang khas mendiami daerah terumbu karang dan menjadi indikator kesuburan ekosistem daerah tersebut; c) ikan-ikan major, adalah jenis ikan berukuran kecil, umumnya 5 sampai 25 cm, dengan karakteristik pewarnaan yang beragam sehingga dikenal sebagai ikan hias. Kelompok ikan-ikan major umumnya ditemukan melimpah, baik dalam jumlah individu maupun jenisnya, serta cenderung bersifat teritorial.

Jenis ikan karang yang berasosiasi dengan terumbu karang di perairan Pulau Putri, Macan Kecil dan Kayu Angin Genteng, secara umum terdiri dari 8 famili. Berdasarkan data yang diperoleh terdapat 3 famili ikan karang dari kelompok ikan mayor seperti; Pomacentridae (ikan betok laut), Labridae (ikan sapu-sapu), dan Blenniidae (ikan peniru), 4 famili dari kelompok ikan target seperti Serranidae (ikan kerapu), Nemipteridae (ikan kurisi), Siganidae (ikan baronang), Scaridae (ikan kakak tua) dan 1 famili dari kelompok ikan indikator yaitu Chaetodontidae (ikan kepe-kepe). Berdasarkan pengamatan ikan karang pada masing-masing stasiun di ketiga pulau, diketahui jumlah jenis ikan karang umumnya berjumlah kurang dari 50 jenis pada *reef flat* (perairan dangkal) dan kurang dari 100 jenis pada *reef slope* (perairan dalam).

Untuk melihat spesifikasi jenis ikan pada masing-masing stasiun maka dibagi dalam dua kategori yaitu jumlah dan jenis ikan karang yang berada di perairan dangkal dan jenis ikan karang pada perairan yang lebih dalam. Hasil yang diperoleh dalam pengamatan jenis ikan karang pada dua kategori ini dapat dilihat pada (Gambar 6 dan 7).



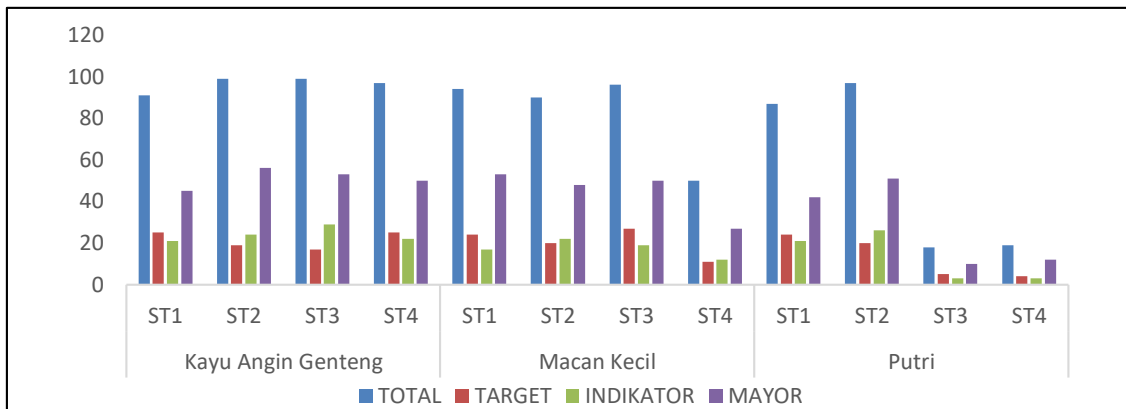
Gambar 6 Keragaman ikan karang pada kedalaman 1.5 sampai dengan 5 meter

Pada Gambar 6 diketahui bahwa sebaran jenis ikan karang untuk kedalaman 1.5 sampai dengan 5 m adalah berbeda pada masing-masing stasiun. Secara umum jumlah dan jenis ikan karang pada perairan dangkal lebih dari 50 jenis. Berdasarkan analisis kelimpahan ikan karang di Pulau Putri pada kedalaman laut 1.5 sampai dengan 5 m, diketahui total jenis ikan karang paling rendah terlihat pada stasiun 4 yaitu sebanyak 26 jenis, terdiri dari 5 jenis ikan target, 3 jenis ikan indikator dan 18 jenis ikan mayor, sedangkan jumlah terbanyak di Pulau Putri terlihat pada stasiun 1 yaitu sebesar 48 jenis, terdiri dari 12 jenis ikan target, 11 ikan indikator 25 jenis ikan mayor. Rendahnya kelimpahan jenis ikan karang di Pulau Putri terjadi akibat kerusakan terumbu karang yang telah terjadi lama dan terus meningkat pada beberapa tahun terakhir. Kelimpahan ikan karang sangat rendah, khususnya pada bagian barat dan utara yaitu berada di bawah 30 jenis. Tingginya jenis karang mati DCA merupakan salah satu indikator rendahnya pertumbuhan karang baru di sekitar lokasi tersebut. Apabila rekrutmen karang rendah maka pertumbuhan karang baru akan rendah sehingga penambahan penutupan karang akan turut rendah atau tidak berubah (March 2004; Johan *et al.* 2014).

Pada Pulau Macan Kecil, total kelimpahan ikan terendah ada pada stasiun 1 yaitu sebesar 27 jenis, terdiri dari 4 jenis ikan target, 4 ikan indikator dan 19 ikan mayor, sedangkan jumlah terbanyak ada pada stasiun 2 yaitu sebesar 50 jenis, terdiri dari 9 jenis ikan target, 11 ikan indikator dan 30 jenis ikan mayor. Kelimpahan ikan karang terus menurun dalam beberapa tahun terakhir, seiring peningkatan kerusakan terumbu karang. Rendahnya kelimpahan ikan karang di beberapa stasiun di Pulau Macan Kecil, diduga karena terjadi kerusakan terumbu karang pada kedalaman perairan dangkal semakin besar. Fungsi terumbu karang sebagai habitat sebagian besar jenis ikan karang menjadi berkurang, sehingga banyak spesies ikan karang melakukan migrasi ke ekosistem terumbu karang yang lain. Salah satu indikator kerusakan ekosistem terumbu karang tersebut dapat diidentifikasi oleh semakin menurunnya keanekaragaman jenis-jenis ikan (Badrudin *et al.* 2003).

Kondisi berbeda terlihat pada Pulau Kayu Angin Genteng, secara keseluruhan dari empat stasiun pengamatan diketahui jumlah kelimpahan ikan karang pada kedalaman 1.5 sampai dengan 5 m masih berada pada kategori baik. Jumlah terendah terlihat pada stasiun 1 dan 3 dengan nilai total kelimpahan ikan karang sebesar 47 jenis, terdiri dari 8 sampai dengan 12 jenis ikan target, 9 sampai dengan 11 ikan indikator dan 26 sampai dengan 28 ikan mayor, sedangkan kelimpahan tertinggi ada pada stasiun 2 yaitu sebesar 50 jenis, terdiri dari 10 jenis ikan target, 8 ikan indikator dan 32 jenis ikan mayor. Tingginya nilai kelimpahan jenis ikan karang di sekitar perairan Pulau Kayu Angin Genteng disebabkan kondisi ekosistem terumbu karang masih relatif lebih baik, jika dibanding Pulau Putri dan Macan Kecil. Hal ini didukung dengan parameter fisika-oseanografi di sekitar perairan yang berada dalam kondisi baik.

Total jumlah kelimpahan ikan karang pada perairan yang lebih dalam pada setiap stasiun di ketiga pulau secara umum berada dalam kondisi ideal yaitu sebesar > 50 dan < 100 jenis ikan karang. Namun pada stasiun 3 dan 4 di Pulau Putri terlihat sangat kecil yaitu sebesar 18 sampai dengan 19 jenis ikan karang (Gambar 7).



Gambar 7 Keragaman ikan karang pada kedalaman 6 sampai dengan kurang dari 12 meter

Tingginya kelimpahan ikan karang yang terdapat pada beberapa stasiun di ketiga pulau merupakan indikator bahwa terumbu karang pada lokasi tersebut berada dalam kondisi baik. Kehadiran spesies ikan karang pada masing-masing stasiun beragam. Jumlah total jenis ikan karang yang teridentifikasi pada kedalaman 1.5 sampai dengan 5 m di Pulau Putri sebanyak 150 jenis (32%), total ikan karang Pulau Macan Kecil sebanyak 126 jenis (27%), sedangkan total ikan karang di Pulau Kayu Angin Genteng sebanyak 193 (41%). Hasil identifikasi jumlah ikan karang di kedalaman 6 sampai dengan lebih dari 12 m diperoleh 221 jenis (24%) ditemukan pada Pulau Putri, 330 jenis (35%) di Pulau Macan Kecil dan 386 jenis (41%) berada di Pulau Kayu Angin Genteng (Gambar 6 dan 7). Keberagaman spesies ikan karang yang ditemukan di setiap lokasi pengamatan, disebabkan karena adanya interaksi ikan karang dengan terumbu karang memiliki hubungan langsung sebagai tempat untuk mencari makan, memijah, dan tempat asuhan untuk berlindung dari predator. Menurut Nybakken (1998) mengatakan bahwa tingginya keragaman spesies ikan di terumbu karang dapat disebabkan karena variasi habitat yang terdapat di suatu ekosistem.

Habitat dan kondisi kelayakan ekosistem terumbu karang merupakan indikator adanya perbedaan jumlah dan jenis ikan karang. Secara umum kelimpahan ikan karang dalam suatu ekosistem akan berbanding lurus dengan kualitas perairan di suatu kawasan. Jenis ikan yang menjadi indikasi kelayakan terumbu karang di suatu perairan adalah jenis ikan indikator. Berdasarkan pengamatan untuk jenis ikan indikator di setiap stasiun pada perairan Pulau Putri, Macan Kecil dan Kayu Angin Genteng berasal dari famili Chaetodontidae (ikan kepe-kepe). Untuk jenis ikan target berasal dari beberapa famili seperti; famili Serranidae (ikan kerapu), Nemipteridae (ikan kurisi), Siganidae (ikan baronang) dan Scaridae (ikan kakak tua). Ikan mayor secara umum lebih banyak jumlahnya dari jenis ikan karang yang lain, dari hasil pengamatan diperoleh jenis ikan mayor dari famili Pomacentridae (ikan betok laut), Labridae (ikan sapu-sapu), dan Blenniidae (ikan peniru). Menurut Luthfi *et al.* (2016) jenis ikan dari famili scaridae bersifat herbivora, memiliki peran yang penting di ekosistem terumbu karang, karena keberadaan ikan ini akan mengontrol pertumbuhan alga di terumbu karang.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kondisi ekosistem terumbu karang secara umum pada 3 pulau (Pulau Putri, Pulau Macan dan Pulau Kayu Angin Genteng) di TNKS masih cukup baik, namun pada beberapa *spot snorkling* terlihat buruk (5 stasiun) dan sedang (6 stasiun) dan kondisi baik hanya 1 stasiun, *spot diving* kondisi sedang 4 stasiun, buruk 2 stasiun dan baik 6 stasiun.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini D. 2008. Analisis potensi wisata bahari di Taman Nasional Kepulauan Seribu Provinsi DKI Jakarta dengan pendekatan *Recreation Opportunity Spectrum* [tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Badrudin SR, Suharti, Yahmantoro, Suprihanto I. 2003. Indeks keanekaragaman hayati ikan kepe-kepe (*Chaetodontidae*) di perairan Wakatobi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 9(7): 67-73.
- Cleary DFR, Suharsono, Hoeksema BW. 2006. Coral diversity across a disturbance gradient in the Kepulauan Seribu reef complex off Jakarta, Indonesia. *Biodiversity and Conservation*. 15:3653-3674. doi: 10.1007/s10531-004-4692-y.
- Dahuri R. 2003. *Keanekragaman Hayati Laut: Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Dinas Pariwisata dan Kebudayaan kabupaten Kepulauan Seribu. 2016. Laporan Tahunan Dinas Pariwisata dan Kebudayaan Kabupaten Kepulauan Seribu. Kabupaten Kepulauan Seribu.
- Edrus IN, Wijaya SW, Setyawan IE. 2013. Struktur komunitas ikan karang di Perairan Pulau Raya Pulau Rusa, Pulau Rondo dan Taman Laut Rinoi dan Rubiah Nanggroe Aceh Darussalam. *Jurnal Penelitian Perikan Indonesia*. 4:175-186.
- English S, Wilkinson C, Baker V. 1997. *Survey Manual for Tropical Marine Resources*. Townsville. Australia: Australia Institute of Marine Science.
- Estradivari. 2007. Rehabilitasi terumbu Indonesia. *National Geographic Indonesia*. 3(4):122-125.
- Giyanto, Abrar M, Hadi TA, Budiyo A, Hafizt M, Salatalohy A, Iswari MY. 2017. *Status Terumbu Karang Indonesia*. Jakarta: LIPI Press.
- Goh AH, Sasekumar A. 1980. The community structure of the fringing coral reef, cape rachado. *Journal Malay. Nat*. 3(4):25-37.
- Johan O, Kritanto AH, Haryadi J. 2014. Puncak prevalensi penyakit karang jenis sabuk hitam (black band disease) di Kepulauan Seribu Jakarta. *J. Ris. Akuakultur*. 9(2):307-317.
- Kunzmann A. 2004. Corals, fishermen and tourist. *Jo.Naga*. 27(1&2):15-19.
- Luthfi OM, Pujarahayu P, Fajar K, Wahyudiarto SA, Fakri SR, Sofyan M, Ramadhan F, Ghofur MA, Murian AS, Tovani I, Mahmud, Adi, Abdi DF. 2016. Biodiversitas dan Populasi Ikan Karang di Perairan Selat Sempu Sendang Biru Kabupaten Malang Jawa Timur. *Jurnal Kelautan*. 9(1):43-49.
- March. 2004. *Panduan Dasar Untuk Pengenalan Ikan Karang Secara Visual Indonesia*. Jakarta: Penerbit Terangi.
- Meij SETVD, Moolenbeek RG, Hoeksema BW. 2009. Decline of the Jakarta Bay molluscan fauna linked to human impact. *Mar Pol Bull*. 5(9):101-107.
- Nybakken JW. 1998. *Biologi Laut: Suatu Pendekatan Ekologis*. Jakarta: PT Gramedia.
- Omar SBA. 2012. *Dunia Ikan*. Yogyakarta: UGM Press.
- Souter DW, Linden O. 2000. The health and future of coral reef systems. *Ocean & Coastal Management*. 43:657-688.
- Yulianda F, Fachrudin A, Hutabarat AA, Hartati S, Kusharjani HSK. 2010. *Pengelolaan pesisir dan laut secara terpadu*. Jakarta (ID): Korea International Cooperation Agency.